



Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä ja sen mahdollisuudet yrityksen näkökulmasta

● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

Vaarakallio, Joonas

2010 Leppävaara

Laurea-ammattikorkeakoulu
Laurea Leppävaara

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä ja sen mahdollisuudet yrityksen näkökulmasta

Vaarakallio, Joonas
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Toukokuu 2010

Vaarakallio, Joonas

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä ja sen mahdollisuudet yrityksen näkökulmasta

Vuosi	2010	Sivumäärä	24
-------	------	-----------	----

Euroopan komissio ja Euroopan avaruusjärjestö toteuttavat Galileo-hanketta uuden eurooppalaisen satelliittipaikannusjärjestelmän rakentamiseksi. Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän on tarkoitus olla tarkempi ja tarjota kattavampia palveluita kuin aikaisemmat järjestelmät. Se tulee olemaan vaihtoehto sekä täydennys olemassa oleville GPS- ja GLONASS-satelliittipaikannusjärjestelmille. Galileossa perustason signaalintarkkuus on kaikkien saatavilla ja tarkempi signaali on rajoitettu maksulliseen ja sotilaskäyttöön.

Järjestelmää on valmisteltu 1990-luvulta lähtien ja sen suunnittelu- ja toteutustyössä on ollut lukuisia eri vaiheita. Rahoitusongelmat ja vaikeudet päätöksenteossa ovat hankaloittaneet hanketta ja siirtäneet järjestelmän käyttöönottoa vuosilla. Galileon odotetaan olevan toiminnassa vuonna 2014.

Opinnäytetyössä selvitettiin, mikä Galileo on, ja miten satelliittipaikannusta hyödyntävä yritys tai organisaatio ennakoi voivansa käyttää sen tuomia mahdollisuuksia. Opinnäytetyössä haastateltiin kuuden satelliittipaikannusta liiketoiminnassaan käyttävän yrityksen edustajaa. Haastatteluilla pyrittiin selvittämään Galileon käyttöönoton vaikutuksia yrityksen liikevaihtoon, työllistävyyteen ja muutoksiin toiminnassa.

Haastattelujen perusteella selvisi, että yritykset odottavat vielä yksityiskohtaisempaa teknistä tietämystä Galileon hyödynnettävyydestä. Mikäli Galileon ominaisuudet, muun muassa tarkkuus, vastaavat lupauksia, näkevät yritykset uusien työmenetelmien ja tuotekehittelyn mahdollistuvan. Haastattelujen jälkeen toukokuun 2010 alussa julkaistiin päivitetty tekniset tiedot Galileon tarkasta signaaliavaruudesta. Yritykset ryhtyivät hyödyntämään uutta tietoa tuotekehittelyssä. Uusien tuotteiden ja palveluiden saatavuus vie kuitenkin vielä vuosia.

Vaarakallio, Joonas

Galileo global navigation satellite system and its potential from a company's point of view

Year	2010	Pages	24
------	------	-------	----

The European Commission and European Space Agency are carrying out the Galileo project in order to create a new European global navigation satellite system. The Galileo positioning system is intended to be more precise and provide more comprehensive services than the earlier systems. It will be an alternative and a supplement to the already existing GPS and GLONASS positioning systems. The basic signal service will be open to everyone while the higher accuracy services will be restricted to commercial and military use.

Galileo has been under development since the 1990s and there have been numerous stages in its planning and execution. Difficulties with the financing and decision making have complicated the project and postponed the implementation of the system by several years. Galileo is expected to be operational in the year 2014.

The purpose of this thesis was to define what Galileo is and how a company or an organization that utilizes satellite navigation would make use of its potential. Six interviews were conducted with the representatives of companies that use satellite navigation in their business models. The interviews were used to gain insight into the effects of Galileo on the revenue, employment and operations in the aforementioned companies.

The conclusion of this thesis was that the companies are still waiting to gain more detailed technical knowledge of Galileo's usability. In the event that Galileo will perform up to expectations such as the improved accuracy, the companies expect it to allow new working methods and product development. After the interviews, in the beginning of May 2010, updated technical information of Galileo's frequencies was published. The companies can be expected to use this information in their operations. However, it is likely to take years for new services based solely on Galileo to be on the market.

Keywords Galileo, navigation, satellite, positioning system

Sisällys

1	Johdanto	6
2	Tutkimusongelma	6
3	Tutkimusmenetelmä	7
4	Satelliittipaikannuksen nykytila	8
4.1	GPS	8
4.2	GLONASS	10
4.3	Paikallinen avustus	10
4.3.1	A-GPS	11
4.3.2	DGPS	11
4.3.3	EGNOS	11
5	Satelliittipaikannuksen haasteet	11
6	Galileo	12
6.1	Yleistä	12
6.2	Historia	13
6.3	Tekniikka	15
6.3.1	Signaalit	15
6.3.2	Tarkkuus	16
6.4	Galileon hyödynnettävyys	16
7	Tulokset	17
7.1	Vaatimukset	18
7.2	Mahdollisuudet	18
7.3	Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen	18
7.4	Vaikutukset liikevaihtoon ja työllistävyyteen	18
7.5	Muut vaikutukset	19
8	Pohdintaa	19
	Lähteet	21
	Kuvat ja kuvat	24
	Taulukot	24

1 Johdanto

Euroopan unioni ja Euroopan avaruusjärjestö toteuttavat Galileo-hanketta uuden satelliittipaikannusjärjestelmän rakentamiseksi. Tällä hetkellä satelliittipaikannuksessa käytetään pääasiassa yhdysvaltalaisista Navstar Global Positioning System - satelliittipaikannusjärjestelmää (GPS). Galileon on suunniteltu olevan GPS-järjestelmää huomattavasti tarkempi ja tulevaisuuden käyttömahdollisuuksiltaan laajempi.

Opinnäytetyössä pyritään selvittämään, mikä Galileo on, mitä vaatimuksia sille asetetaan ja miten satelliittipaikannusta hyödyntävä yritys tai organisaatio voi sen tuomia mahdollisuuksia käyttää. Työssä käsitellään satelliittipaikannuksen nykytilaa, puutteita, Galileo-hanketta ja sen mahdollisesti tuomia muutoksia.

Idea opinnäytetyöhön saatiin Saterisk-hankkeesta, joka on ollut esillä Laurea-ammattikorkeakoulun Leppävaaran toimipisteen opintojaksoilla. Saterisk on Teknologian kehittämiskeskuksen, Tekesin, rahoittama, Laurea-ammattikorkeakoulun ja Lapin yliopiston vuosina 2008-2011 yhteistyössä useiden yritysten ja ulkomaisten tutkimuskumppanien kanssa tekemä tutkimusprojekti. Hankkeen tavoite on tuottaa kattava riskikartoitus satelliittipaikannuksen riskeistä.

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmää on valmisteltu 1990-luvulta lähtien ja suunnittelu- ja kehitystyössä on ollut monia eri vaiheita ja vastoinkäymisiä. Galileo-hankkeen eteneminen on ollut milloin rahoitusongelmien ja milloin muiden syiden takia vaikeuksissa. Kun järjestelmä näyttää vihdoinkin toteutuvan, on mielenkiintoista seurata, mitä innovaatioita ja mahdollisuuksia se tuo tullessaan, ja kuinka pian nämä ovat tavallisen kuluttajan hyödynnettävissä.

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmää on jo etukäteen arvosteltu siitä, että se voi olla yhdysvaltalaisen GPS:n tavoin häiriöaltis. Esimerkkinä häiriöstä on mainittu signaalin väärentäminen. On sanottu, että Galileon rinnalla tulisi käyttää vaihtoehtoista paikannusjärjestelmää. Odotukset Euroopan omasta satelliittipaikannusjärjestelmästä, Galileosta, ovat suuret; aikaisempien järjestelmien heikkoudet on poistettu ja uusia käyttömahdollisuuksia on laajalti.

2 Tutkimusongelma

Työn tavoitteena oli tehdä kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän mahdollisuuksista ja vaatimuksista, joita

satelliittipaikannusta toiminnassaan hyödyntävät ja kehittävät yritykset sille asettavat. Vertailua tehtiin jo olemassa oleviin järjestelmiin ja niiden käyttömahdollisuuksiin.

Selvitettäviä kysymyksiä olivat:

- Asettavatko satelliittipaikannusta hyödyntävät yritykset/organisaatiot tiettyjä vaatimuksia Galileolle nähdäkseen siitä erityistä hyötyä? Mitä?
- Millaisia mahdollisuuksia satelliittipaikannusta hyödyntävät yritykset/organisaatiot näkevät Galileon käyttöönoton tuovan?
- Ovatko satelliittipaikannusta hyödyntävät yritykset jo suunnitelleet uusia Galileota hyödyntäviä tuotteita/palveluja?
- Onko Galileon hyödynnettävyydellä tulevaisuudessa vaikutusta yritysten liikevaihtoon ja työllistävyyteen?
- Aiheuttaako Galileon käyttöönotto huomattavia muutoksia toiminnassa?

3 Tutkimusmenetelmä

Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus on lähtökohdallisesti todellisen elämän kuvaamista. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään tutkimaan kohdetta mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ja ymmärtämään se. Tämä tarkoittaa tutkittavan kohteen merkityksen tai tarkoituksen selvittämistä sekä selkeän käsityksen saamista siitä. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2005, 151-152.)

Kokonaisvaltaisessa tiedon hankinnassa suositaan monesti ihmistä tiedon keruun instrumenttina. Aineistoa hankittaessa käytetään metodeja, joissa eri näkökulmat pääsevät esille. Näihin kuuluu muun muassa teemahaastattelu. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2005, 155.) Kvalitatiivista tutkimusta aiheesta tehdessä pyritään siis tutkimaan kokonaisvaltaisesti Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän mahdollisuuksia ja sille asetettavia vaatimuksia satelliittipaikannusta toiminnassaan hyödyntävän ja kehittävän yrityksen kannalta.

Haastattelun suorittamisen suurimpia etuja on sen joustavuus; Haastateltava asiantuntija osaa antaa tietoa myös haastatteluun valmisteltujen kysymysten ulkopuolelta. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2005, 194).

Teemahaastatteluun valittiin sellaisia henkilöitä, jotka työskentelevät satelliittipaikannusta hyödyntävissä yrityksissä tai organisaatioissa. Teemahaastattelua valmisteltaessa otettiin huomioon se, etteivät yritykset välttämättä katso edukseen jakaa täsmällistä tietoa suunnittelemistaan tuotteista tai palveluista. Haastattelupyynnöt lähetettiin sähköpostitse 20 yritykselle, jotka hyödyntävät satelliittipaikannusta tuotteissaan. Yrityksistä oli haastavaa löytää sähköpostin vastaanottajaksi henkilöä, joka kykeni vastaamaan kyseessä olevaan tuotekehittelyyn liittyvistä asioista. Uusintapyyntöjä haastatteluihin jouduttiin lähettämään moneen eri otteeseen, jotta saatiin kuusi haastatteluaikaa sovittua. Haastattelukysymyksiä esitettiin Tutkimusongelmat-luvussa mainitut selvittävät kysymykset. Osa haastatteluista nauhoitettiin ja osa haastattelujen vastauksista kirjattiin haastattelutilanteessa.

4 Satelliittipaikannuksen nykytila

Satelliittipaikannuksessa maata kiertävät paikannussatelliitit lähettävät kiertoratatietoa ja aikamerkkisignaaleja vastaanottolaitteisiin. Vastaanottolaitteet määrittävät sijaintinsa satelliittien etäisyyksistä. Avaruus-, valvonta- ja käyttäjälohkot muodostavat satelliittipaikannusjärjestelmän. Maata kiertävät satelliitit kuuluvat avaruuslohkoon, satelliittien toimintaa valvovat maa-asetat kuuluvat valvontalohkoon ja käyttäjälohkossa ovat loppukäyttäjien vastaanottolaitteet. (Paikannus.com.)

4.1 GPS

Navstar GPS (Global Positioning System) on tämän hetken tunnetuin ja käytetyin satelliittipaikannusjärjestelmä. Sen on rahoittanut ja kehittänyt Yhdysvaltain puolustusministeriö. GPS-järjestelmän kehitys alkoi varsinaisesti 1970-luvun puolenvälin jälkeen, kun ensimmäinen kokeellinen navigointikäyttöön tarkoitettu GPS Block 1 -satelliitti laukaistiin vuonna 1978. Hankkeen alkuperäinen tarkoitus oli kehittää paikannusmenetelmä, joka oli tarkkuudeltaan soveltuva ajanmukaiseen sotilaskäyttöön. (Wade 2008.) Vuonna 1983 Yhdysvaltain presidentti Ronald Reagan ilmoitti, että GPS vapautettaisiin myös siviilikäyttöön, kun se olisi käyttövalmis. Vuonna 1995 GPS-satelliitteja oli riittävästi kiertoradalla järjestelmän ollakseen toimintavalmis. (Pellerin 2006.)

Navstar GPS -järjestelmää edelsi Yhdysvaltain käyttämä Transit, joka oli maailman ensimmäinen satelliittipaikannusjärjestelmä. Siitä käytettiin myös nimitystä Navsat (Navy Navigation Satellite System). Transit-satelliittipaikannusjärjestelmän kehitys alkoi vuonna 1958 ja ensimmäinen prototyyppisatelliitti laukaistiin 1959. Transit oli valmis Yhdysvaltain laivaston käyttöön vuonna 1964. Sitä käytettiin pääasiassa Yhdysvaltain merivoimien sukellusveneidä sijainnin määrittämiseen. Transit oli käytössä vuoteen 1991, kun Navstar GPS korvasi sen. (Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory.)

Navstar GPS -järjestelmään kuuluu kolme segmenttiä, jotka ovat avaruus-, hallinta- ja käyttäjäsegmentti. Avaruussegmentti koostuu satelliiteista, joita on toiminnassa vähintään 24 kappaletta. Satelliitit kiertävät maapallon kahdesti vuorokaudessa. Hallintasegmentti koostuu valvontakeskuksista, mistä satelliittien tilaa tarkkaillaan. Käyttäjäsegmentti sisältää kaikki miljoonat GPS-vastaanottimet ympäri maapalloa. (U.S. Naval Oceanography Portal.)

Paikannus tapahtuu niin, että GPS-vastaanotin mittaa ajan, minkä satelliittien lähettämällä signaaleilla kestää saapua vastaanottimelle. Vertaamalla signaalien aikaeroa, pystytään laskemaan GPS-vastaanottimen sijainti. Paikannus tietyllä paikalla onnistuu, kun taivaalta on nähtävissä neljä GPS-satelliittiä samanaikaisesti. (Wade 2008.)



Kuva 1: GPS-järjestelmän toiminta

Navstar GPS -satelliittipaikannusjärjestelmä tarjoaa siviilikäytössä muutamien metrien tarkkuuden vaakasuunnassa. Korkeussuunnassa ei päästä samaan tarkkuuteen. (U.S. Naval Oceanography Portal.) Alunperin korkeimman tarkkuuden signaali oli varattu vain sotilaskäyttöön. Yhdysvaltain puolustusministeriö rajoitti tahallisesti GPS-järjestelmän paikannustarkkuutta siviilikäyttöön tarkoitetuilla laitteilla vuoteen 2000 asti. Tuolloin tarkkuus vaakasuunnassa oli jopa yli 100 metriä.

Yhdysvallat pitää oikeuden rajoittaa julkista GPS-saatavutta tai jopa katkaista sen. Tätä perustellaan sillä, että Yhdysvalloilla ja sen liittolaisilla olisi yksinoikeus sen käyttöön sotilaallisen konfliktin aikana ja samalla evätä sen käyttö vihollisen mahdollisten siviililaitteiden kautta. Tämä vaikuttaa GPS-satelliittipaikannusjärjestelmän luotettavuuteen ja säilyvyyteen kauaskatseisesti. (Giegerich 2008.)

4.2 GLONASS

GLONASS (GLObal'naya NAVigatsionnaya Sputnikovaya Sistema) on Venäjän puolustusministeriön toteuttama ja ylläpitämä satelliittipaikannusjärjestelmä. Sen toimintaperiaate on samankaltainen kuin Navstar GPS -satelliittipaikannusjärjestelmällä. GLONASS-järjestelmän toteuttaminen alkoi vuonna 1982, ja se tuli toimintavalmiiksi 1995.

GLONASS-satelliitteja suunniteltiin olevan näkyvillä joka puolella maailmaa vähintään viisi kappaletta. Alkuperäisten satelliittien toiminta-ajat olivat huomattavasti Navstar GPS -satelliitteja lyhyemmät ja 2000-luvulle tultaessa toiminnassa olevien satelliittien määrä laski alle kahteenkymmeneen pääasiassa Venäjän taloudellisten vaikeuksien takia.

Viime vuosien aikana Venäjä on päättänyt sijoittaa enemmän rahaa GLONASS-satelliittipaikannusjärjestelmän täydentämiseen ja nostaa toiminnassa olevien satelliittien määrän yli kahteenkymmeneen, tehden järjestelmästä maailmanlaajuisesti tarkan. Uudempien GLONASS-satelliittien toiminta-ajat ovat myös huomattavasti aikaisempia pidempiä.

Huhtikuussa 2010 Venäjä palautti järjestelmän toimintakuntoiseksi. Toiminnassa olevia GLONASS-satelliitteja on 23 kappaletta (27.4.2010). (Russian Space Agency 2010.) Satelliittien kiertokorkeus on 19 100 kilometrin korkeudessa. Järjestelmässä on käytössä kahdentasoisia signaaleja. Tarkempia signaaleja käytetään vain viranomaistoiminnassa. Siviilikäyttöön tarkoitetut signaalit ovat tarkkuudeltaan heikompia (noin 57-70 metriä). (ESA 2004).

4.3 Paikallinen avustus

Satelliittipaikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa satelliittipohjaisten tarkennusjärjestelmien ja paikallisten maa-asemien avulla. Tällaisia menetelmiä ovat:

- A-GPS (Assisted GPS), hyödyntää matkapuhelinverkkoa satelliittipaikannuksen tarkentamiseksi
- DGPS (Differential GPS), käyttää paikallisten asemien korjaustietoa tarkkuuden parantamiseksi
- EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), täydentää GPS- ja GLONASS-järjestelmiä, laajenee Galileoksi
- MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System), ilmailun paikannustarkkuutta tukeva järjestelmä Japanissa
- WAAS (Wide Area Augmentation System), ilmailun paikannustarkkuutta tukeva järjestelmä Yhdysvalloissa

- RTK (Real Time Kinematic), ammatillista paikannusta ja maanmittausta tarkentava järjestelmä

4.3.1 A-GPS

A-GPS eli avustettu GPS hyödyntää matkapuhelinverkkoa parantaakseen satelliittipaikannuksen tarkkuutta. GPS-laitteet ovat perusasemia matkapuhelinverkossa. Tarkennussignaali siirtyy GPS-vastaanottimeen, esimerkiksi matkapuhelimeen. (Syrjärinne 2001, 22-24.)

4.3.2 DGPS

DGPS, differentiaalinen GPS toimii hyödyntämällä tarkasti tiedetyssä paikassa vastaanotettujen signaalien poikkeamaa. Vastaanottoaikan ollessa tiedossa, voidaan satelliittien lähettämää signaalia verrata siihen ja mahdollinen virhe todeta. Virheen suuruus voidaan välittää GPS-vastaanottimille. Näin päästään jopa metrin horisontaaliseen tarkkuuteen. (Huhtinen & Hyttinen.)

4.3.3 EGNOS

EGNOS on eurooppalainen kehittyvä satelliittipaikannusjärjestelmä. Sen tarkoituksena on tarkentaa GPS-, GLONASS- sekä Galileo-järjestelmien signaaleja. Järjestelmä hyödyntää maa-asemien verkkoa ja kolmea satelliittia. EGNOS on toimintaperiaatteeltaan samankaltainen kuin differentiaalinen GPS. Maa-asemat tarkkailevat satelliittien signaalien tarkkuutta ja välittävät eheystietoa vastaanottolaitteisiin. EGNOS:in korjaama signaali horisontaalitarkkuudeltaan noin kaksi metriä ja Euroopan alueella jopa yksi metri. Vertikaalitarkkuus on noin viisi metriä. EGNOS-palvelu on ollut kaikkien saatavilla lokakuusta 2009. Paikannustieto on EGNOS-yhteensopivien GPS-vastaanottimien käytettävissä. EGNOS laajenee myöhemmin Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmäksi. (ESA 2009.)

5 Satelliittipaikannuksen haasteet

Satelliittipaikannukselta paikkatietojärjestelmänä vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia luotettavuuden, käytettävyyden, toiminnallisuuden ja yksityisyyden kannalta. Järjestelmän on oltava yhteensopiva infrastruktuurin kanssa ja käyttäjälleen sopiva. Tiedon on oltava oikeaa, ajantasaista ja käytettävien ohjelmistojen myös luotettavia. Paikannuksessa on käytettävä sopivia ja tarkkoja menetelmiä.

Käyttäjä määrittelee, mitä palveluita paikkatietojärjestelmän on mahdollistettava. Näitä ovat muun muassa navigointi, karttatietopalvelut, alueellisten palveluiden hakemisto ja palveluiden nopeus. Paikannuksen on oltava kustannustehokasta ja verkkokuormittavuudeltaan sopivaa. Menetelmien ja laitteiden on mukauduttava käyttäjän tarpeisiin. Myös yksityisyydensuojan tulee olla turvattu esimerkiksi yksittäisen henkilön sijainnin määrittelyn kannalta.

Satelliittipaikannusta hyödyntävien paikkatietojärjestelmien oltava yhteensopivia toistensa kanssa. Niiden tulee tukea erilaisia päätelaitteita, paikantamismenetelmiä, erilaisia koordinaattijärjestelmiä ja menetelmästä toiseen siirtymisen tulee olla sujuvaa ja käyttäjälle näkymätöntä. Yksittäisen kansalaisen toiveet satelliittipaikannukselle asettavat koko satelliittipaikannusjärjestelmälle loppukäyttölaitteisiin asti suuria teknisiä vaatimuksia. (Tsalgatidou ym. 2003, 8-11.)

6 Galileo

6.1 Yleistä

Galileo on Euroopan Komission ja Euroopan avaruusjärjestön kehitteillä oleva satelliittipaikannusjärjestelmä. GPS-järjestelmästä poiketen, Galileo on suunniteltu alusta alkaen siviilikäyttöön. Se tarjoaa aikaisempia huomattavasti tarkempia ajanmääritys- ja paikkatietopalveluita. Galileo tulee olemaan vaihtoehto sekä täydennys olemassa oleville GPS- ja GLONASS-satelliittipaikannusjärjestelmille. Kuten Navstar GPS -järjestelmässä, myös Galileossa perustason signaalintarkkuus on kaikkien saatavilla ja tarkempi signaali on rajoitettu maksulliseen tai sotilaskäyttöön. (Tekes.)

Galileon käytännön toteutus alkoi 2005, kun ensimmäinen koesatelliitti laukaistiin. Sittemmin Galileo-hanke on viivästynyt useampaan otteeseen. Sen oli tarkoitus olla käyttövalmis jo vuonna 2008, mutta vuoden 2010 alun tietojen pohjalta Galileon käyttöönotto viivästyy vuoteen 2014. Tämä on johtunut pääasiassa yksityisen rahoituksen puutteesta ja vaikeuksista päätöksenteosta. Lopulta Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä lankeaa Euroopan veronmaksajien maksettavaksi. Alunperin satelliitteja tuli olla 30 kappaletta, mutta 7.1.2010 Galileon ilmoitettiin alustavasti koostuvan 22 satelliitista kustannussyistä johtuen.

Yksi merkittävimmistä argumenteista Galileon toteuttamiselle on ollut se, ettei siviili-infrastruktuurin, kuten kaupallisen lentoliikenteen navigoinnin tulisi ainoastaan nojata pääasiassa Yhdysvaltain hallussa olevaan ja konfliktin aikana epävarmaan Navstar GPS -järjestelmään. (Euroopan komissio 2010.) Galileo-hanke onkin aiheuttanut jännitteitä Euroopan unionin ja Yhdysvaltojen välille, koska se estäisi Yhdysvaltoja hallitsemasta

yksityistä satelliittipaikannusta konfliktien aikana. Yhdysvallat on huolissaan siitä, että sen viholliset voisivat käyttää Galileon signaalia sotilasiskuissa sitä vastaan. On ollut jopa satunnaisia puheita Galileo-satelliittien tuhoamisesta vakavan sotilaallisen konfliktin sattuessa. (Giegerich 2008.)

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä tulee tarjoamaan viidenlaisia palveluita:

1. Open Service (OS)
 - maksuton
 - kaikkien käytettävissä
 - ei häiriö- tai katkosuojausta
 - esimerkiksi autonavigaattori
2. Commercial Service (CS)
 - maksullinen
 - suojattu
 - laadukkaampi
3. Safety of Life (SoL)
 - suojattu
 - varoitus epäluotettavasta paikannustiedosta
 - esimerkiksi merenkulussa, ilmailussa
4. Public Regulated Service (PRS)
 - vain viranomaiskäyttöön
 - käyttö luvanvaraista
 - suojattu
 - toimintakykyinen kriisialueilla
5. Search and Rescue (SAR)
 - pelastusviranomaiskäyttöön
 - myös humanitääriseen avustukseen.

(Tekes.)

6.2 Historia

Euroopan oman satelliittipaikannusjärjestelmän kehitystyö aloitettiin vuonna 1994. Euroopan komission ja Euroopan avaruusjärjestön EGNOS-projektin tarkoituksena (European

Geostationary Navigation Overlay Service) oli satelliittipaikannusjärjestelmän tarkkuuden lisääminen. EGNOS-järjestelmän suunniteltiin tukevan GPS- ja GLONASS-satelliittipaikannusjärjestelmien lisäksi myös Galileo-järjestelmää.

Vuonna 1999 Euroopan liikennekomissio suositteli eurooppalaisen satelliittipaikannusjärjestelmän käyttöönottoa. Alkuperäisessä suunnitelmassa vuodet 2000-2005 olisivat Galileon kehittämisvaihetta, vuodet 2006-2007 toimitusvaihetta ja vuodesta 2008 käyttöönottoa. (Airos, Korhonen & Pulkkinen 2007, 32-33.)

ESA:n jäsenmaiden toukokuussa 2003 mahdollisti yhteenliittymän perustamisen, jonka vastuulla on koordinoita EU:n ja ESA:n osallistumista Galileon kehittämiseen. (Euroopan avaruusjärjestö 2003). Kiina solmi alustavat sopimukset järjestelmän rahoittamisesta 230 miljoonalla eurolla. (Tekniikka & Talous 2003).

Euroopan unioni ja Yhdysvallat sopivat vuonna 2004 sopimuksen Galileo- ja GPS-satelliittipaikannusjärjestelmien yhteensopivuudesta. Sopimus mahdollistaa GPS- sekä Galileo-järjestelmien signaalien estämisen konfliktialueilla sammuttamatta järjestelmää kokonaan. (Johnson 2004.) Galileo, GPS ja GLONASS muodostaisivat maailmanlaajuisen satelliittinavigoinnin standardin. Sopimusneuvotteluita käytiin Israelin, Intian ja Kanadan kanssa. (Euroopan avaruusjärjestö 2004.)

Vuonna 2004 Marokko kiinnostui Galileosta ja liittyi hankkeeseen marraskuussa 2005. (Euroopan yhteisöjen komissio 2006, 2). Ensimmäinen Galileo-testisatelliitti, Giove-A, laukaistiin Kazakstanista joulukuussa 2005. (Euroopan avaruusjärjestö 2005). Ukrainan osallistumisesta päätettiin vuonna 2005. (Euroopan yhteisöjen komissio 2005.) Etelä-Korea ja EU sopivat yhteistyöstä Galileo-hankkeessa 2006.

Galileo-projektille ei saatu yksityistä rahoitusta ja projektin toteutuminen oli epävarmaa. Marraskuussa 2007 Euroopan unionin jäsenmaista kaikki 27 sopivat yksimielisesti edetä Galileo-paikannusjärjestelmän toteuttamisessa. Esille oli noussut pelko hankkeen kaatumisesta, ellei sopimusta saataisi syntymään tammikuuhun 2008 mennessä. Euroopan unioni päätti maksaa koko hankkeen ja kehitystyö jatkui. (BBC 2007, Lukkari 2010.)

Giove-B, Galileon toinen testisatelliitti, laukaistiin kiertoradalle huhtikuussa 2008. Se testaa järjestelmän komponenttien toimivuutta avaruudessa. Giove-B:n laukaisun aikoihin suunniteltiin vielä laukaistavan neljä testisatelliittia. (Suominen 2008.)

Norja päätti rahoittaa Galileo-hanketta 68,9 miljoonalla eurolla 2009. Norjan kauppa- ja teollisuusministeri, Sylvia Brustadin mukaan osallistuminen on tärkeää, koska sillä on vaikutus Euroopan avaruusteollisuuden kehittämiseen ja Norjan kilpailukykyyn. (GPS Daily 2009.)

Galileon peruspaikannuspalveluiden ajateltiin tammikuun 2010 alussa olevan käytössä vuonna 2014 ja laajenevan asteittain. OHB Technology -yhtion kanssa tehtiin 566 miljoonan euron sopimus 14 satelliitin toimittamisesta. Jäljellä on vielä tarjouskilpailu 8-18 satelliitin toimittamisesta. Laukaisupalvelut toteuttaa Arianespace 400 miljoonalla eurolla Ranskan Guyanasta laukaistavilla venäläisillä kantoraketeilla ja maapalvelut Thales Alenia Space.

Maailmanlaajuinen Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä on edelleen alkuperäisestä aikataulusta paljon jäljessä. (Lukkari 2010, Suomen tietotoimisto 2010.) Galileon alkuperäiseksi hinnaksi arvioitiin noin kaksi miljardia euroa. Hinta nousee viiteen miljardiin euroon. (Lukkari 2010).

6.3 Tekniikka

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä on tarkempi ja sen on tarkoitus tarjota parempaa paikannustietoa kuin GPS tai GLONASS. Yhdysvaltain GPS -järjestelmästä poiketen Galileon luotettavuus ja säilyvyys ovat pysyvämpiä. Galileo ei tule olemaan sotilashallinnassa ja sen käyttäjät voivat luottaa sen signaaliin myös sotilaallisen konfliktin aikana. Ongelma tahallisesta signaalin laadun rajoittamisesta ei koskisi riippumatonta Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmää. (Euroopan komissio 2010.)

Järjestelmän valvontasegmentti koostuu keskusasemasta, miehittämättömistä kiertorata- ja synkronointiasemista sekä kauko-ohjattavista tarkkailuasemista. Keskusasema määrittää satelliittien kiertoradat ja synkronoi satelliittien sisäiset kellot kiertorata- ja synkronointiasemien välityksellä. (Benedicto ym. 2000, 12.) Paikannuksen toimintaperiaate on GPS-järjestelmää vastaava. Vastaanotinlaite vertaa satelliiteilta saapuvien signaalien aikaeroa sijainnin määrittämiseksi.

6.3.1 Signaalit

Galileo on suunniteltu kymmenen eri signaalia, joista kaksi viranomaiskäyttöön, kaksi kaupallisiin tarkoituksiin ja kuusi julkiseen käyttöön. Kaikille avoin julkinen signaali (OS) tarjoaa paikannustietoa normaalin kuluttajatasen vastaanottimille. Kaupallinen signaali (CS) on salattu ja sen purkua varten on ostettavissa vastaanotinkohtaiset avaimet. Varmuustoimisignaali (SoL) on ominaisuuksiltaan julkista signaalia vastaava, mutta siihen

sisältyy paikannustarkkuuden eheystietoa; Palvelu ilmoittaa, jos paikannustiedossa on häiriöitä eikä se ole luotettavaa. (Hein ym. 2002, 3.)

Taulukossa 1 on esitetty, miten eri käyttäjät (OS, CS, SoL, PRS) jakaantuvat signaalialueelle. Taajuusalueiden käytössä on päällekkäisyyksiä ja julkisesta signaalista on varattu viranomaisille oma suojattu alueensa.

Käyttötarkoitus	Taajuusalue	Taajuus (MHz)
OS, SoL, PRS	E5a, E5b	1164-1215
CS	E6	1260-1300
OS, SoL, PRS	E2-L1-E1	1559-1592

Taulukko 1: Galileon signaalien taajuusalueet

(Hein ym. 2002, 3.)

6.3.2 Tarkkuus

Käytettävä signaali määrittää Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän paikannustarkkuuden. Galileon kaksitaajuinen julkinen signaali (OS) on maailmanlaajuisesti horisontaaliselta tarkkuudeltaan noin neljä metriä ja vertikaaliselta tarkkuudeltaan noin kahdeksan metriä. Yksitaajuussignaalin horisontaalitarkkuus on noin 15 metriä ja vertikaalitarkkuus 35 metriä. Paikannustarkkuutta voidaan lisätä yhteen metriin paikallisesti avustettuna.

Kaupallisen (CS) kaksitaajuussignaalin tarkkuus on noin yksi metri ja paikallisesti avustettuna tarkkuus yltää alle kymmeneen senttimetriin. Viranomaiskäytön (PRS) signaalin horisontaalitarkkuus on noin kuusi metriä ja vertikaalinen tarkkuus noin 12,5 metriä. Safety of Life -kaksitaajuussignaali on tarkkuudeltaan 4-6 metriä ja sisältää signaalin luotettavuuden eheystietoa. (Hein ym. 2002, 3.)

GPS ja Galileo tulevat olemaan yhteensopivia ja toisiaan täydentäviä. Tämä lisää yhteensopivien satelliittien määrää ja siten paikannuksen tarkkuutta. (Leidenius 2008.) Yhdysvaltojen GPS-järjestelmästä poiketen Galileon satelliitit ovat noin kaksi tuhatta kilometriä korkeammalla. (Suominen 2008).

6.4 Galileon hyödynnettävyys

Valmista Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmää voidaan hyödyntää maa-, meri- ja ilmaliikenteen ohjauksessa. Ajoneuvojen sijaintipaikannus, reittietsintä ja nopeusvalvonta

ovat myös Galileon tarjoamia mahdollisuuksia. Erityistä hyötyä Galileosta saadaan rajavalvonnassa ja pelastustehtävissä. (Alatarvas 2007.) Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä on myös käyttökelpoinen maataloustuotannon suunnittelussa ja erilaisissa ympäristönsuojelutehtävissä. (Nurmi 2008).

Galileon on ajateltu tuovan perustan vanhusten palveluiden, harrastusten sovellusten ja maantieteellisten tietojärjestelmien kuten esimerkiksi karttapalveluiden kehittämiseen. Galileo tarjoaa käyttömahdollisuuden myös turvallisuus- ja puolustusviranomaisten tehtäviin Euroopassa. Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän kattavuus tulee olemaan maailmanlaajuinen ja eri maat käyvät ja ovat käyneet neuvotteluja Galileo-hankkeeseen liittyen. (Alatarvas 2007.)

Galileon käyttöönoton on ennustettu luovan mahdollisuuksia uudennaisille käyttötavoille, joita yksityisten liiketoiminnan harjoittajien oletetaan jo suunnittelevan. Space Systems Finland, joka on erikoistunut tieteellisen laskennan ohjelmistoihin, on osallistunut Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän ohjelmistokehitykseen toimittamalla avioniikkajärjestelmän ohjelmistokomponentteja. Space Systems Finland on ensimmäinen suomalaisyritys, joka on osallistunut Galileon kehittämiseen. (Karhu 2005.)

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän käyttöönotolla on vaikutuksensa talouteen ja työllisyyteen. On arvioitu, että satelliittinavigointipalvelut synnyttävät vuoteen 2020 mennessä 150 000 uutta korkean koulutustason työpaikkaa. Vastaanottimien lukumäärä tulee olemaan yli 3 miljardia ja alan markkinoiden suuruus 300 miljardia euroa. (Euroopan yhteisöjen komissio 2006, 5.)

7 Tulokset

Haastattelut suoritettiin seuraavien alojen yrityksissä:

- maanrakennus (2)
- autonavigointi (1)
- karttapalvelut (1)
- matkapuhelinten sovelluskehitys (1)
- merenkulkuelektroniikka (1).

Viisi haastatelluista ei halunnut edustamansa yrityksen tai omaa nimeänsä julkisuuteen. Yksi haastatelluista antoi luvan molempien tietojen julkaisemiseen. Tämä yritys oli Destia Oy.

7.1 Vaatimukset

Kysyttäessä, asettaako satelliittipaikannusta hyödyntävä yritys tiettyjä vaatimuksia Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmälle ja minkälaisia nämä vaatimukset ovat, kaikki haastateltavat kertoivat odottavansa Galileolta sille luvattua paikannustarkkuutta. Galileon ja GPS:n yhteensopivien satelliittien määrän kasvamisen toivotaan lisäävän paikannuksen luotettavuutta ja tarkkuutta, ja mahdollistavan uusia ominaisuuksia ja palveluita sisältävien vastaanottimien kehittämistyön.

7.2 Mahdollisuudet

Galileon mahdollisuuksista tuotiin haastatteluissa esille ennen kaikkea luvattu tarkkuus. Mikäli Galileon myötä reaaliaikaisen paikannuksen korkeustarkkuus paranee alle sentin tarkkuuteen, voi maanrakennusyritys Destia hyödyntää uutta järjestelmää päällystyksen ja betonirakentamisen tarpeisiin ja korvata sillä osittain takymetrin käyttöä. Nyt Destia käyttää paikallisesti avustettua satelliittipaikannusta maanrakentamisen tarpeisiin, työkoneiden ohjaukseen, jossa reaaliaikaisen paikannuksen tarkkuusvaatimus on alle 3 cm. Myös toinen maanrakennusyritys arveli, että vanhoja työmenetelmiä voitaisiin ainakin osin korvata uusilla. Matkapuhelinten sovelluksia kehittävä yritys koki tarkkuuden olevan tärkein Galileon tuomista mahdollisuuksista tuotekehittelyn kannalta. Myös kolmen muun yrityksen edustajat olivat sitä mieltä, että mahdollisesti parantunut satelliittipaikannuksen tarkkuus olisi heille tärkein mahdollisuus, mutta eivät halunneet yksityiskohtaisesti tuoda julki, miten.

7.3 Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen

Yksikään kuudesta haastatellusta yrityksestä ei ollut aloittanut vielä varsinaista tuote- tai palvelukehittelyä Galileota hyödyntäen. Galileon mahdollisuuksista on puhuttu paljon, mutta yhdelläkään yrityksellä ei vielä ollut riittävästi yksityiskohtaista teknistä tietoutta sen ominaisuuksista. Tuotekehittäminen on kallista ja vie paljon työaikaa, joten nykyisessä taloudellisessa tilanteessa yritykset odottavat ensin faktatietoutta.

7.4 Vaikutukset liikevaihtoon ja työllistävyyteen

Vastaukset Galileon hyödynnettävyyden vaikutuksista yrityksen liikevaihtoon ja työllistävyyteen olivat eriäviä. Destian Mika Jaakkolan mukaan Galileon hyödynnettävyys ei tule olemaan kilpailutekijä, koska Destia on tavallaan loppukäyttäjä ja myös alan kilpailijat ottavat tarkemman paikannuksen tuomat hyödyt käyttöön. Jaakkola toteaa, että Galileon mahdollinen nopea käyttöönotto antaisi mahdollisuudet uusien työmenetelmien tai

työkoneiden automatisointiin ja tästä saattaisi kilpailutekijä. (Jaakkola 2010.) Myös toinen maanrakennusalan yritys yhtyi Destian näkemykseen. Neljä muuta yritystä uskovat liikevaihdon ja työllistävyyden hieman paranevan, mikäli Galileolle luvatut ominaisuudet toteutuvat.

7.5 Muut vaikutukset

Kysyttäessä, aiheuttaako Galileon käyttöönotto huomattavia muutoksia yrityksen toiminnassa, viisi yrityksistä ennakoivat, ettei käyttöönotolla ole lähitulevaisuudessa suurta vaikutusta. Destia luottaa GPS- ja GLONASS-järjestelmien täydentämiseen ja niiden hyödyntämiseen edelleen. Matkapuhelinten sovelluksia kehittävä yrityksen edustaja arveli Galileon muuttavan tuotekehittelyä huomattavasti.

8 Pohdintaa

Jo olemassa olevien satelliittipaikannusjärjestelmien puutteet ja niiden vaikutukset järjestelmien hyödyntämisessä ovat selvillä. Galileota on suunniteltu ja toteutettu kauan ja odotukset sen toiminnalle ovat suuret. Nykyinen GPS-järjestelmä tarvitsee huoltoa, mutta taloudellisten vaikeuksien takia järjestelmä on rappeutumassa. Haitat satelliittipaikannuksen tarkkuudessa muodostavat uhkia lentoliikenteelle ja monille muille maailmanlaajuisille toimintoille, jotka ovat riippuvaisia satelliittipaikannuksesta. Jää nähtäväksi, onko Galileon kehitystyössä otettu huomioon Galileota mahdollisesti kohtaavat vastaavat ongelmat. Tietoturvan kannalta paikannusjärjestelmä voi olla huonosti rakennettuna suuri turvallisuusriski.

Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän yhteiskäyttöä muiden järjestelmien kanssa on kehitetty. Esimerkkinä tästä kehitystyöstä on suunnitelma Galileon ja GPS:n välisten kelloerotietojen siirtämistä vastaanottolaitteisiin. Paikannuslaitteiden toimintavarmuuden voidaan olettaa lisääntyvän, kun ei olla täysin riippuvaisia vain yhden järjestelmän toiminnasta. Galileossa satelliittipaikannuksen häiriöherkkyyttä on pyritty pienentämään useiden eri signaalien yhteiskäytöllä sekä parannellulla signaalin virheidenkorjauskoodauksella.

Satelliittipaikannusta hyödyntävät yritykset odottavat yksityiskohtaisempaa tietoa Galileon ominaisuuksista kehittämistyönsä aloittamiseksi. Yksikään kuudesta haastatellusta yrityksestä ei ollut vielä aloittanut Galileon ominaisuuksille perustuvaa kehitystyötään juuri tämän takia. Lokakuussa 2009 Euroopan komissio päätti, että Galileon avointa signaalia (Open Service) hyödyntäviä vastaanotinlaitteiden valmistajia ei velvoiteta lisenssimaksuihin. Toukokuun 2010 alussa julkaistiin päivitetty tekniset tiedot Galileon tarkasta signaaliavaruudesta ja odotettavasta suorituskyvystä. (Cameron 2010). Tietoja odottaneilla laitevalmistajilla on nyt

mahdollisuus tavoitteellisemman kehitystyön käynnistämiseen. Vaikka tuotekehittely käynnistyisi pian, menee kuitenkin todennäköisesti vielä vuosia ennen kuin Galileota hyödyntävät tuotteet ja palvelut ovat yleisesti markkinoilla.

Lähteet

- Airos, E., Korhonen, R. & Pulkkinen, T. 2007. Satelliittipaikannusjärjestelmät. Helsinki: Edita Prima Oy. Viitattu 3.1.2010. <http://www.mil.fi/laitokset/pvtt/satelliittipaikannus.pdf>
- Alatarvas, M. 2007. Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän rahoituksesta saavutettiin sopu EU:ssa. Viitattu 13.2.2010. <http://www.eurooppatiedotus.fi/public/default.aspx?contentid=105103&contentlan=1&culture=fi-FI>
- BBC. 2007. 'Unanimous backing' for Galileo. Viitattu 9.3.2010. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7120041.stm>
- Benedicto, J., Dinwiddy, S.E., Gatti, G., Lucas, R. & Lugert, M. 2000. Galileo: Satellite System Design and Technology Developments. Viitattu 8.3.2010. http://esamultimedia.esa.int/docs/galileo_world_paper_Dec_2000.pdf
- Cameron, A. 2010. The System: Galileo ICD, Free at Last. Viitattu 9.5.2010. <http://www.gpsworld.com/gnss-system/the-system-galileo-icd-free-last-9887>
- Euroopan avaruusjärjestö. 2009. How does EGNOS work? Viitattu 4.4.2010. http://www.esa.int/esaNA/GGGQI950NDC_egnos_0.html
- Euroopan avaruusjärjestö. 2005. Ensimmäinen Galileo-satelliitti laukaisu. Viitattu 8.3.2010. http://www.esa.int/esaCP/SEM0JM8A9HE_Finland_0.html
- Euroopan avaruusjärjestö. 2007. Galileo. Viitattu 8.3.2010. http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC_galileo_0.html
- Euroopan avaruusjärjestö. 2004. Galileo-ohjelma etenee. Viitattu 8.3.2010. http://www.esa.int/esaCP/SEMU5VU4QWD_Finland_0.html
- Euroopan avaruusjärjestö. 2003. Galileo-paikannusjärjestelmä toteutuu. Viitattu 8.3.2010. http://www.esa.int/esaCP/SEMUHCS1VED_Finland_0.html
- Euroopan Avaruusjärjestö. 2004. GLONASS. Viitattu 8.3.2010. http://www.esa.int/esaMI/ESA_Permanent_Mission_in_Russia/SEMWWIW4QWD_0.html
- Euroopan komissio. 2010. Galileo. Viitattu 30.4.2010. http://ec.europa.eu/transport/citizen/galileo_en.htm
- Euroopan yhteisöjen komissio. 2005. Komission tiedonanto Yhteisen ilmailualueen kehittäminen Ukrainan kanssa. Viitattu 3.1.2010. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0451:FIN:FI:DOC>
- Euroopan yhteisöjen komissio. 2006 Neuvoston päätös maailmanlaajuisista siviilisatelliittinavigointijärjestelmää (GNSS) koskevan yhteistyösopimuksen allekirjoittamisesta Euroopan yhteisön ja sen jäsenvaltioiden ja Marokon kuningaskunnan välillä 2006. Viitattu 3.1.2010. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0220:FIN:FI:PDF>
- Giegerich, B. 2008. Satellite States - Transatlantic Conflict and the Galileo System. London School of Economics & Political Science. Viitattu 13.2.2010. http://www.allacademic.com//meta/p_mla_apa_research_citation/0/7/2/1/4/pages72145/p72145-6.php
- GPS Daily. 2009. Norway joins EU's Galileo satnav project. Viitattu 13.2.2010. http://www.gpsdaily.com/reports/Norway_joins_EUs_Galileo_satnav_project_999.html

- Hein, G., Godet, J., Issler, J-L., Martin, J-C., Erhard, P., Lucas-Rodriguez, R., & Pratt, T. 2002. Status of Galileo Frequency and Signal Design. Viitattu 24.4.2010.
http://galileo.khem.gov.hu/documents/angol/technikai_dokumentumok/status_of_galileo_frequency_and_signal_design.pdf
- Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. 2005. Tutki ja kirjoita. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Huhtinen, M., Hyttinen, J. DGPS ja suhteellinen paikannus. Viitattu 4.4.2010.
<http://www.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/PaikkatietoWWW/paikannus/gps6.html>
- Jaakkola, M. 2010. Teknologiapäällikön haastattelu 30.3.2010. Destia Oy, infrarakentaminen. Helsinki.
- Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory. An Overview of the Navy Navigation Satellite System. Viitattu 9.3.2010. <http://sd-www.jhuapl.edu/Transit/>
- Johnson, C. 2004. U.S., EU to Sign Landmark GPS-Galileo Agreement. Viitattu 13.2.2010.
<http://useu.usmission.gov/Article.asp?ID=E671D95A-FC0B-4AC5-BDCD-7F89291D2670>
- Karhu, T. 2005. Suomalaisyritykseltä ohjelmistoa Galileo-järjestelmään. Viitattu 13.2.2010.
<http://m.digitoday.fi/?page=showSingleNews&newsID=200518587>
- Leidenius, K. 2008. Galileo-järjestelmää on helppo huiputtaa. Viitattu 9.3.2010.
<http://m.digitoday.fi/?page=showSingleNews&newsID=20049746>
- Lukkari, J. 2010. EU syytää miljardeja Galileo-paikannukseen. Viitattu 9.2.2010.
<http://www.tekniikkatalous.fi/tk/avaruus/article363291.ece>
- Nurmi, T. 2008. Galileo-satelliittipaikannus ja puolustushankinnat puhuttivat WEU-parlamentaarikkoja. Viitattu 3.1.2010.
<http://web.eduskunta.fi/Resource.phx/eduskunta/ajankohtaista/tiedotearkisto.htx?templateId=37.htx&id=1671&titlenro=6/2008&sort=62008>
- Paikannus.com. Satelliittipaikannus. Viitattu 4.5.2010.
<http://www.paikannus.com/satelliittipaikannus>
- Pellerin, C. 2006. United States Updates Global Positioning System Technology. Viitattu 3.1.2010. <http://www.america.gov/st/washfile-english/2006/February/20060203125928lcniirellep0.5061609.html>
- Russian Space Agency. 2010. GLONASS constellation status. Viitattu 27.4.2010.
<http://www.glonass-ianc.rsa.ru/pls/htmldb/f?p=202:20:621815969627162::NO>
- Suomen tietotoimisto. 2010. Euroopan Galileo-paikannusjärjestelmä käyttöön 2014. Viitattu 9.1.2010. <http://www.hightechforum.fi/index.cfm?j=832860>
- Suominen, M. 2008. Galileo-testisatelliitti pääsi avaruuteen. Viitattu 6.3.2010.
<http://www.avaruus.fi/uutiset/kantoraketit-ja-satelliitit/galileo-testisatelliitti-paasi-avaruuteen.html>
- Syrjärinne, J. 2001. Studies of Modern Techniques for Personal Positioning. Tampere: University of Technology Publications 319
- Tekes. Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmä. Viitattu 2.2.2010.
<http://www.avaruus.info/index.php?id=182>

Tekniikka & Talous. 2003. Kiina investoi Galileo-paikannukseen. Viitattu 2.2.2010.
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/article39345.ece?v=t>

Tsalgatiidou, A., Veijalainen, J., Markkula, J., Katasonov, A. & Hadjiefthymiades, S. 2003. Mobile E-Commerce and Location-Based Services: Technology and Requirements. Viitattu 10.4.2010.
<http://www.scangis.org/scangis2003/papers/27.pdf>

U.S. Naval Oceanography Portal. Navstar Global Positionin System. Viitattu 2.2.2010.
<http://tycho.usno.navy.mil/gpsinfo.html>

Wade, M. 2008. Navstar. Viitattu 9.3.2010.
<http://www.astronautix.com/project/navstar.htm>

Kuvat ja kuviot

Kuva 1: GPS-järjestelmän toiminta	9
---	---

Taulukot

Taulukko 1: Galileon signaalien taajuusalueet	16
---	----